

VARIAÇÕES DE pH E DA SOLUBILIDADE DO FÓSFORO EM SOLO DE VÁRZEA INUNDADO ¹

MORAES, V.H.F. ² E BASTOS, J.B. ³

INTRODUÇÃO

A submersão do solo por uma lâmina d'água em cultura de arroz irrigado, introduz notáveis modificações nas suas propriedades físicas e químicas, verificando-se assim condições muito particulares, para a dinâmica dos nutrientes.

Essas modificações são devidas à exclusão do oxigênio no solo submerso, e à ação dos microorganismos, ocorrendo mesmo nos solos apenas saturados de água, ainda que com drenagem satisfatória (Taylor, 1949).

O solo inundado, no entanto, não é uniformemente destituído de oxigênio. A concentração de O_2 pode ser alta na camada superficial, com alguns milímetros de espessura (Mortimer, 1941; De Gee, 1950; Mitsui, 1955).

A camada de oxidação caracteriza-se pela coloração amarelo escuro e pela presença de ions oxidados, como Fe^{+3} , Mn^{+4} , NO_3^- e SO_4^{--} e microorganismos aeróbicos. Abaixo dessa fina camada, situa-se a camada cinza, de redução, com os ions na forma reduzida, como Fe^{+2} , Mn^{+2} , NH_4^{+1} e S^{--} , e microorganismos anaeróbicos.

1 — Entregue para publicação em 6 de novembro de 1970

2 — Auxiliar de Ensino do Departamento de Agricultura da Escola de Agronomia da Amazônia e Pesquisador em Agricultura do Setor de Botânica do IPEAN. Bolsista do Conselho Nacional de Pesquisas T. C. nº 10.952.

3 — Pesquisador Químico do Setor de Solos do IPEAN.

Na camada de oxidação o potencial redox situa-se em torno de 300 milivolts, decrescendo para cerca de — 300 milivolts na camada de redução, após a estabilização, que se dá com a redução dos nitratos para nitrogênio elementar inicialmente, seguindo-se a redução do manganês e posteriormente a do ferro. (Ponnamperuma, 1964).

A transformação química mais importante que ocorre nos solos inundados é a redução do ferro e consequente aumento de solubilidade deste elemento. Com a redução dos fosfatos férricos para fosfatos ferrosos, mais solúveis, há um aumento da disponibilidade do fósforo (Eriksson, 1952) e aumento do pH devido ao acréscimo de $\text{Fe}(\text{OH})_2$.

Einsele (1936) foi o primeiro autor a registrar aumento da solubilidade do fósforo em lamias do fundo de lagos.

O aumento da solubilidade do fósforo é também atribuída ao deslocamento do anion PO_4^{---} do fosfato férrico e do fosfato de alumínio, por ions orgânicos (Bradley and Sieling, 1953).

Além do fósforo, tem sido constatado o aumento de solubilidade do silício, pelo mesmo mecanismo de liberação dos fosfatos (Ponnamperuma, 1964) e do potássio, por deslocamento desse elemento da rede cristalina do complexo de argila pelo $\text{Fe} + 2$ (Clark and Resnicky, 1956).

Apesar do grande número de estudos feitos sobre o aumento da solubilidade do fósforo com a inundação, são escassas as informações sobre as variações de concentração do fósforo na solução do solo com o decorrer do tempo após a submersão (Ponnamperuma, 1964).

Por outro lado a potencialidade dos solos de várzea do estuário para cultura de arroz, Lima (1956), que dependendo da comprovação de rentabilidade econômica, poderão ser utilizados na cultura irrigada, e as informações a respeito da baixa disponibilidade de fósforo em solo de várzea não irrigado (Alvim e Santana, 1967) estimularam a realização do presente trabalho.

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de solo foram colhidas em várzea do Rio Guamá até a profundidade de 20 cm, secas ao ar, pulverizadas, peneiradas e homogeneizadas.

Foram colhidas amostras em solo de várzea alta sob floresta original e em área de várzea alta cultivada sem adubação, com diferentes culturas, como arroz, milho e juta.

Em vasos de Mittscherlich, com capacidade para 5kg de solo, cobertos internamente com plástico, foram colocados 3 kg de solo, e feita a submersão após completa embebição.

As amostras para análise não foram simplesmente retiradas de áreas de arroz irrigado devido a possíveis desuniformidade no teor de matéria orgânica nas quadras de plantio.

As latas foram colocadas em casa de vegetação.

No solo de mata foram feitas 4 séries, com lâminas d'água de 4, 8, 12 e 16 cm de profundidade.

No solo cultivado a lâmina d'água foi mantida com 8cm de profundidade.

Semanalmente eram feitas coletas de amostras para análise, retirando-se a água dos vasos e separando-se a camada superficial até cerca de 5cm.

Após a coleta de amostra para análise, retirada da camada abaixo dos 5 cm, o solo superficial era reposto uniformemente e colocado novamente a mesma água de cada vaso.

As análises foram feitas no laboratório do Setor de Solos do IPEAN, pelos métodos adotados neste Setor (Guimarães et al. 1970) tendo sido feitas determinações de pH, de fósforos e de potássio.

As amostras para análise foram medidas no laboratório em base volumétrica, referindo-se os resultados para o solo seco, com base em determinação prévia do peso seco em estufa a 105°C, de igual volume do solo seco ao ar e do solo encharcado.

RESULTADOS

No Gráfico 1 estão contidos os resultados obtidos sobre a variação de P, em p. p. m. do solo analisado.

O teor de fósforo trocável no solo seco, da amostra retirada sob a mata, foi de 14 ppm, muito mais elevado que o da amostra colhida de solo cultivado, de 6 ppm. Com o decorrer da inundação, as diferenças tornam-se ainda bem mais acentuadas.

No solo cultivado o teor de fósforo trocável elevou-se até cerca de 25 dias após o início da submersão, estabilizando-se em torno de 49 p. p. m de P, enquanto que no solo sob a mata, a elevação do teor de fósforo solúvel continua até cerca de 45 dias, estabilizando-se em torno de 98 p. p. m.

Não foram encontradas diferenças sensíveis de fósforo solúvel entre as diferentes profundidades de lâmina d'água, razão pela qual no solo cultivado foi empregada apenas a submersão com lâmina d'água de 8 cm.

Tanto no solo sob mata, como no solo cultivado, o pH estabilizou-se com cerca de 20 dias após o início da submersão (Gráfico 2), elevando-se de 4,6 no solo cultivado seco, para 6,9 e de 5,4 no solo sob a mata, para 7,3.

O teor de K trocável manteve-se constante durante todo o período das observações, em torno de 45 ppm para o solo sob mata e de 62 ppm para o solo cultivado.

DISCUSSÃO

Os fatos que emergem dos gráficos 1 e 2 podem trazer implicações com reflexos na escolha de práticas a serem adotadas na cultura de arroz irrigado.

Os resultados parecem indicar que o semeio direto em solo seco deve ser o melhor método para o plantio nas condições dos solos estudados, principalmente levando-se em conta os dados de Nagai (1962) e Kazai et Asada (1964), em que se verifica maior contribuição para a produção de grãos, pelo fósforo absorvido até 40 dias após o transplântio, embora a fase de maior absorção de fósforo se situe após esse período (Ishizuka, 1964).

O plantio, semeio direto ou transplantio, feito em solo inundado com antecedência, além de beneficiar-se com maior disponibilidade de fósforo e provavelmente de outros nutrientes, inclusive o silício, permite melhor controle de ervas daninhas, que seriam enterradas com o último nivelamento, feito às vésperas do plantio.

Ainda no caso de incorporação de adubo verde, com leguminosas ou vegetação natural, é vantajosa a inundação logo após a incorporação. Com a decomposição aeróbica de matéria orgânica em solo não inundado, a nitrificação condicionará perdas elevadas de nitrogênio por volatilização, após a inundação (Williams, 1962).

Os dados estabelecem ainda, com segurança, ser desnecessária a calagem para o arroz irrigado, nas condições dos solos estudados.

Resta determinar se o nível de fósforo solúvel, muito mais alto no solo de mata após a inundação, é devido o maior teor de matéria orgânica no solo de mata.

Outro aspecto que merece destaque prende-se ao fato de não se haver verificado decréscimo do nível de fósforo solúvel, mesmo com 120 dias após o início de inundação. Nos dois tipos de solo, o teor de fósforo solúvel manteve-se estável após atingir um máximo.

Nos dados apresentados por Ponnampetuma (1964), o teor de fósforo solúvel atinge um máximo, com 20 dias após o início de inundação, passando a decrescer, para estabilizar-se a um nível ligeiramente superior ao do solo seco, com cerca de 50 dias.

A diminuição do fósforo solúvel a partir dos 20 dias é explicada pela readsorção do fósforo pela argila ou hidróxido de alumínio e/ou destruição por ação microbiana, dos complexos orgânicos solúveis, formados no início da inundação.

Nas condições de pH verificadas neste trabalho, a baixa solubilidade de alumínio não teria condições de atuar sensivelmente na insolubilização do fósforo. Quanto à destinação de complexos orgânicos, é possível que no caso dos solos de várzea do Guamá, a maior parte do fósforo tornado solúvel seja devido à redução do ferro.

Vieira (1966) estudando êsses mesmos solos verificou que o fósforo inorgânico total está ao redor de 200 ppm, com cerca de 30% correspondendo a fosfato férrico. Portanto, os níveis encontrados para o fósforo solúvel podem ser representados principalmente pela redução do fosfato férrico.

Outro aspecto que merece posteriores estudos refere-se à dúvida suscitada por Ponnampervuma (1964) de que os fosfatos solubilizados poderiam novamente tornar-se insolúveis, em contato com a rizosfera, do arroz, onde o potencial redox é mais alto.

Há diversas evidências de que os fosfatos solubilizados com a inundação são facilmente absorvidos pelo arroz (Schofield, 1955), porém êsse é um fato que exige comprovação experimental, nas condições dos solos de várzea do estuário amazônico.

Merece destaque o fato de não se haver verificado o decréscimo dos teores de fósforo solúvel, com o decorrer da inundação, encontrado por Ponnampervuma (1964), de modo que o fósforo liberado, se realmente assimilável, pode permanecer disponível durante todo o ciclo da cultura.

Tão logo haja condições para análise dos elementos, será interessante verificar, a êsse respeito, o comportamento do silício, do manganês e do próprio ferro.

RESUMO

Em amostras colhidas em solo de várzea alta sob mata e em solo de várzea alta, cultivado por um período indeterminado, foram medidas as variações de pH, de fósforo trocável e de potássio trocável após a submersão.

No solo sob mata, o fósforo trocável elevou-se de 14 ppm de P até 98 ppm, com cerca de 40 dias após o início da submersão. O pH do solo seco foi de 5,4; passando para 7,3 após cerca de 25 dias de submersão.

No solo cultivado, o fósforo trocável aumentou de 6 ppm, para cerca de 49 ppm, dentro de 25 dias, enquanto que o pH elevou-se de 4,6 para 6,9, em igual período.

As observações foram estendidas até 120 dias, verificando-se a manutenção do pH e dos teores de fósforo, estabilizados nos valores máximos citados. Não foram verificadas variações sensíveis nos teores de potássio trocável após a submersão.

São avaliados esses resultados em termos de orientação da pesquisa sobre adubação e adoção de métodos de preparo de área para arroz irrigado.

ABSTRACT

The increase in solubility of soil phosphorus and potassium, and the rise in pH, after being flooded with water, was determined in lowland soils (várzea soils) of Guamá river, Belém, Pará, Brazil, in a period of 120 days.

In a soil sample taken under forest, it was found a rise from 14 ppm P_2O_5 in dry soil, to 98 ppm, within 40 days.

The same kind of soil, under cultivation, showed a rise from 6 ppm, to 49 ppm, within 25 days.

After reaching a peak, there was no decrease in solubility of phosphorus, until 120 day of submergence.

The pH raised from 4.6 to 6.9 in the soil under cultivation, after 25 days elapsed since flooding was started. In the same period, the pH of forest soil raised from 5.4 to 7.3.

After reaching a peak pH remained practically unchanged too.

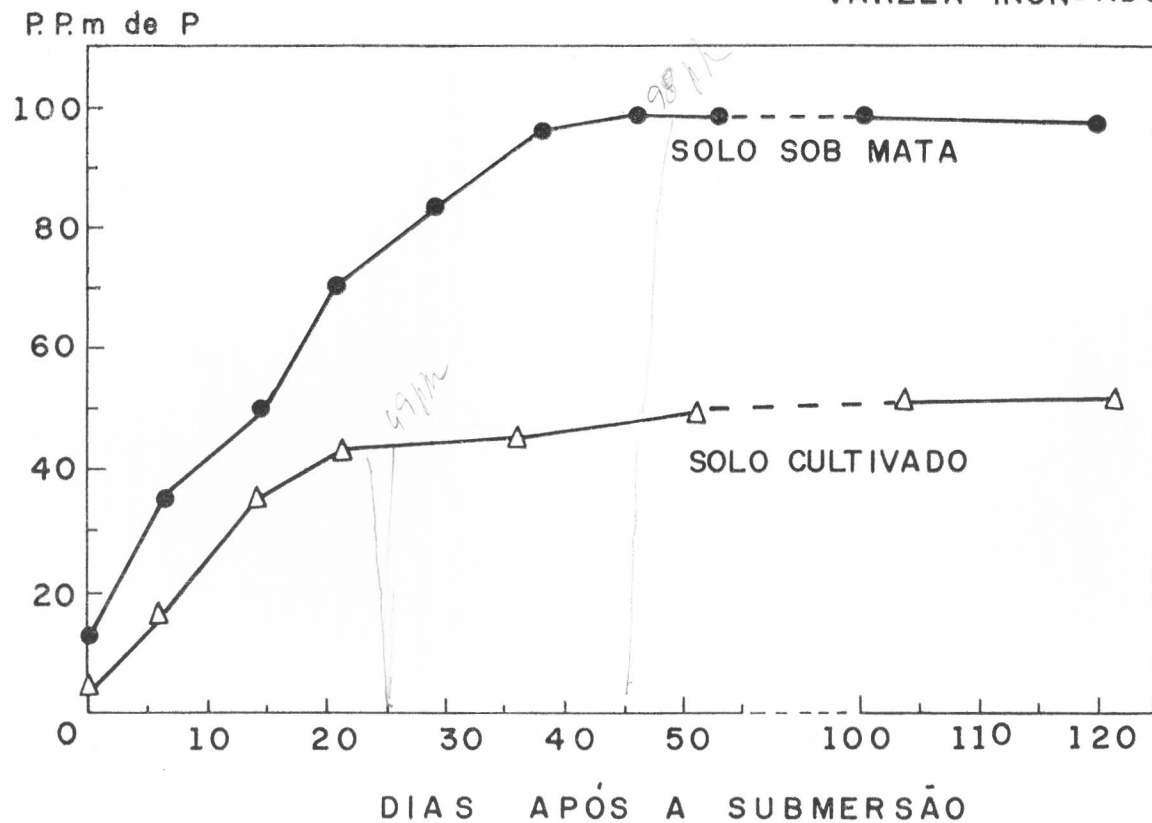
The stabilization in a high level of soluble phosphorus after a long time submergence is not in agreement with Ponnampertuma's findings (Ponnampertuma, 1964)

No change has been detected in potassium solubility after flooding.

REFERÊNCIAS

- Alvim P. de T. e Santana, C. J. L. (1967) Diagnóstico das deficiências minerais em solos da região amazônica pelo método das microparcelas. Atas do Simpósio sobre a Biota Amazônica 1 (Geociências): 69-73.
- Bradley, D. B. & Sieling, D. H. (1953) Effect of organic anions and sugar in phosphate precipitation by iron and aluminium as influenced by pH. Soil Sci. 76 (3): 175-79.
- Clark, F. E. & Resnick, J. W. (1956) Some mineral elements levels in the soil solution of a submerged soil in relation to the rate of organic matter addition and length of flooding. Sixth Intern. Congress. Soil Sci. Paris R: 545-48. Citado em Ponnamperuma (1964)
- De Gee, J. C. (1950) Preliminary oxidation potential determinations in a "Sawah" profile near Bogor (Java) Trans Fourth Internat. Congress. Soil Sci. 1:300 — 303
- Erikson, E (1952) Physico-chemical behaviour of nutrients in soil. J. Soil. Sci. 3 (2): 238-50
- Einsele, W. (1936) Ueber die Beziehung des Eisenkreislauf im eutrophen. See. Arch. Hydrobiol. 29, 664-86.
- Guimarães, G. A., Bastos, J. B. e Lopes, E. de C. (1970) Métodos de análise física, química e instrumental de solos. Série Química de Solos, Inst. de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte. Vol. 1, nº 1.
- Lima, R. R. (1956) A agricultura nas várzeas do estuário do Amazonas. Bol. Tec. do Inst. Agron. do Norte. Nº 33.
- Kasai, Z. e Asada, K. (1964) Translocation of mineral nutrients and other substances within the rice plant. In the Mineral Nutrition of the rice plant. The Johns Hopkins Press. Baltimore, Maryland. 295-328.
- Moratimer, C. H. (1941) The exchange of dissolved substances between mud and water in lakes. J. Ecol. 29 (2): 280-329.
- Mitsui, S (1955) Inorganic nutrition fertilization and soil amelioration for lowland rice. 2a. ed. Yokendo Press. 107 p.
- Nagai, I (1962) Japonica Rice its breeding and culture. Yokendo Ltd. Tokyo, 843 pgs., 132 figs., 98 tabs: 557-58
- Ponnamperuma, F. N. (1964) Dynamic aspects of flooded soil and the nutrition of the rice plant. In The Mineral Nutrition of the Rice Plant. The Johns Hopkins Press. Baltimore, Maryland: 295-328.
- Schofield, R.R. (1955) Can a precise meaning be given to "available" soil phosphorus? Soils and Fertility 18 (5): 373-75
- Taylor, S.A. (1949) Oxygen diffusion in porous media as a measure of soil aeration. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 14:55-61
- Vieira, L. S. (1966) Ocorrência e forma de fósforo em solos da Amazônia. Tese de M. S. apresentada ao Conselho da Escola de Graduados do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas. Turrialba, Costa Rica
- Williams, W. A. & Finck, D. C. (1962) Effect of placement and time of incorporation of vetch on rice fields. Agron. J. 54: 547-62.

GRAF. 1 - VARIAÇÃO DA SOLUBILIDADE DO FÓSFORO EM SOLOS DE
VÁRZEA INUNDADO



GRAF.2 - VARIAÇÃO DE pH EM SOLO DE VÁRZEA INUNDADO

